



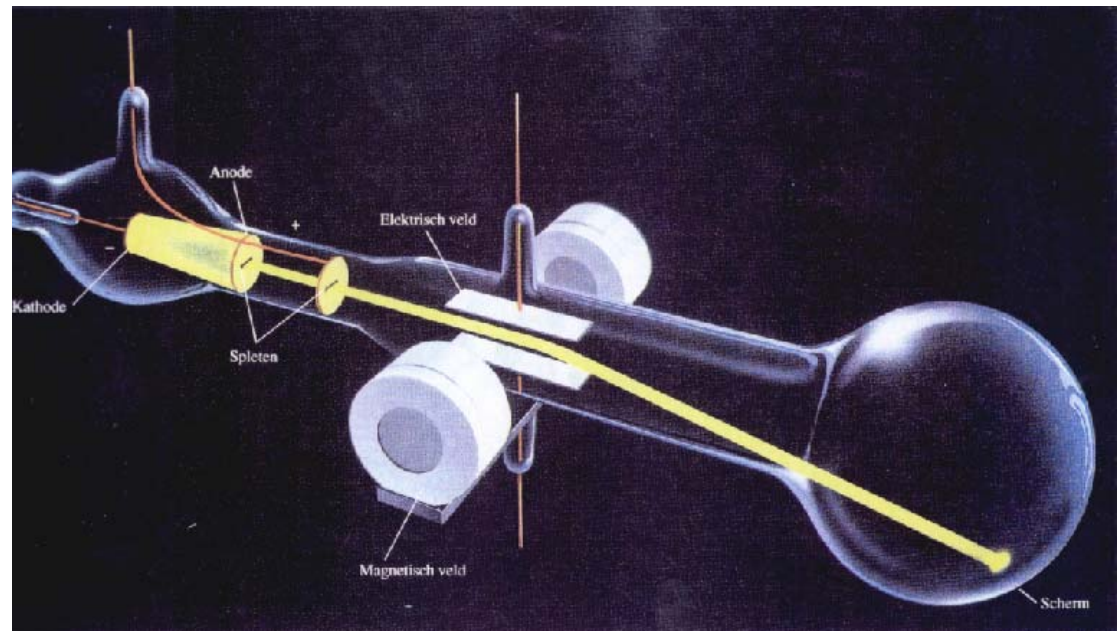
Proloog



HEP: een "jong" onderzoeksdomein

1897 J.J.Thomson

Ontdekking van het ELEKTRON





Fundamenteel onderzoek met spin off



- o De meest elementaire bouwstenen van alle materie
- o De fundamentele krachten die hun gedrag bepalen

Vereist indrukwekkende experimentele infrastructuur

- Internationale samenwerking
- Grote onderzoekscentra e.g. CERN, Fermilab, DESY...
- Industriële spin off e.g. Supergeleidende magneten
Medische scanners (PET)
Het World Wide Web



Het CERN laboratorium



Conseil Européen pour la Recherche Nucleaire

- ❑ Opgericht in 1954 om de "braindrain" te stoppen
- ❑ Aanvankelijk 12 lidstaten; nu 20
- ❑ België erbij vanaf de start
- ❑ Budget ca. 900 MCHF pro rata BNI der lidstaten
- ❑ Ongeveer 2200 staffleden; meer dan 9000 gebruikers

De opdracht

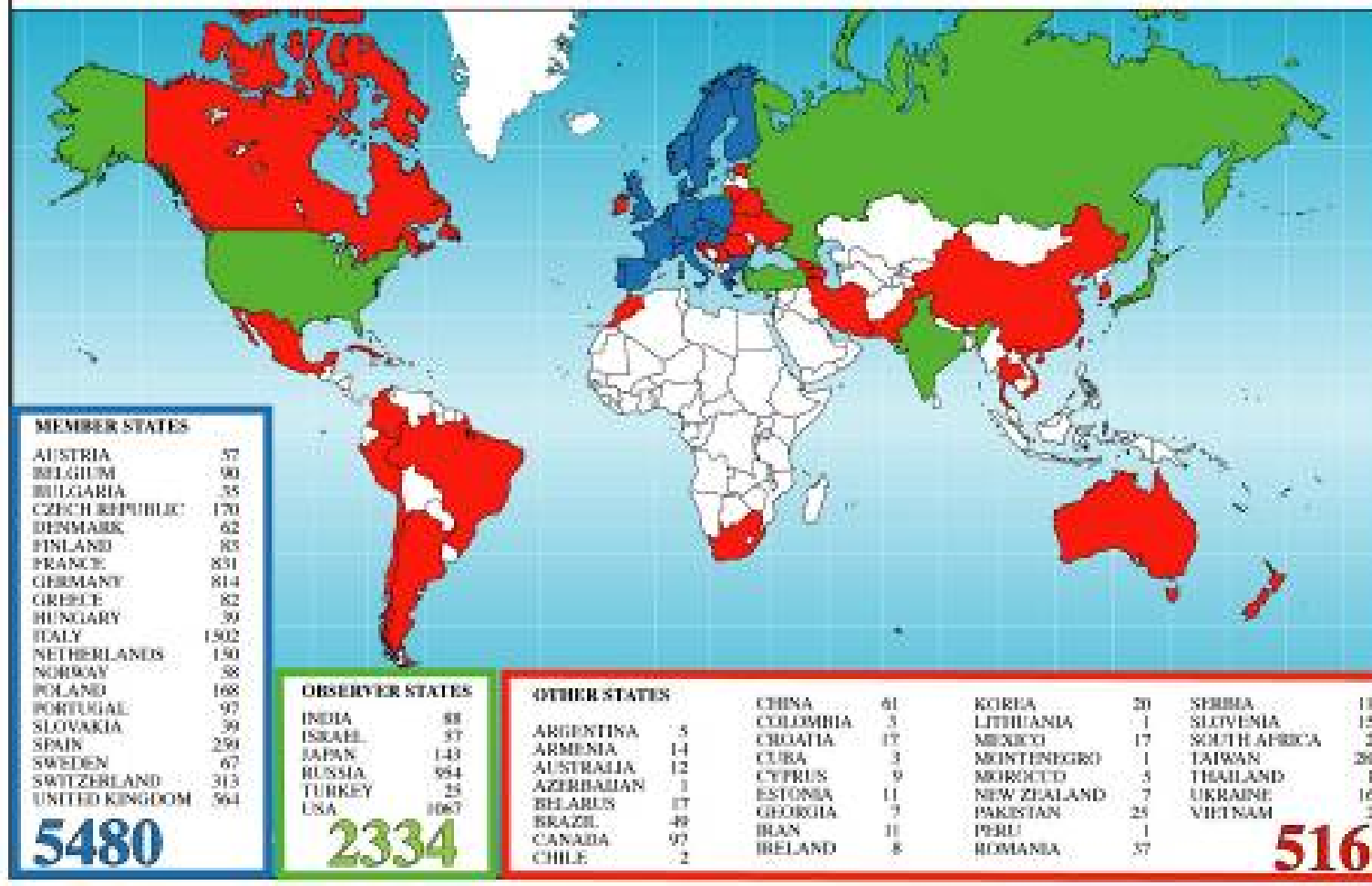
- ❑ Fundamenteel onderzoek
- ❑ Opvoeding
- ❑ Technologie overdracht naar de maatschappij (scanners, WWW...)
- ❑ Volkeren samenbrengen door wetenschap



Wereldwijde spreiding van gebruikers



Distribution of All CERN Users by Nation of Institute on 27 March 2007





Enkele fotos van toen en nu...

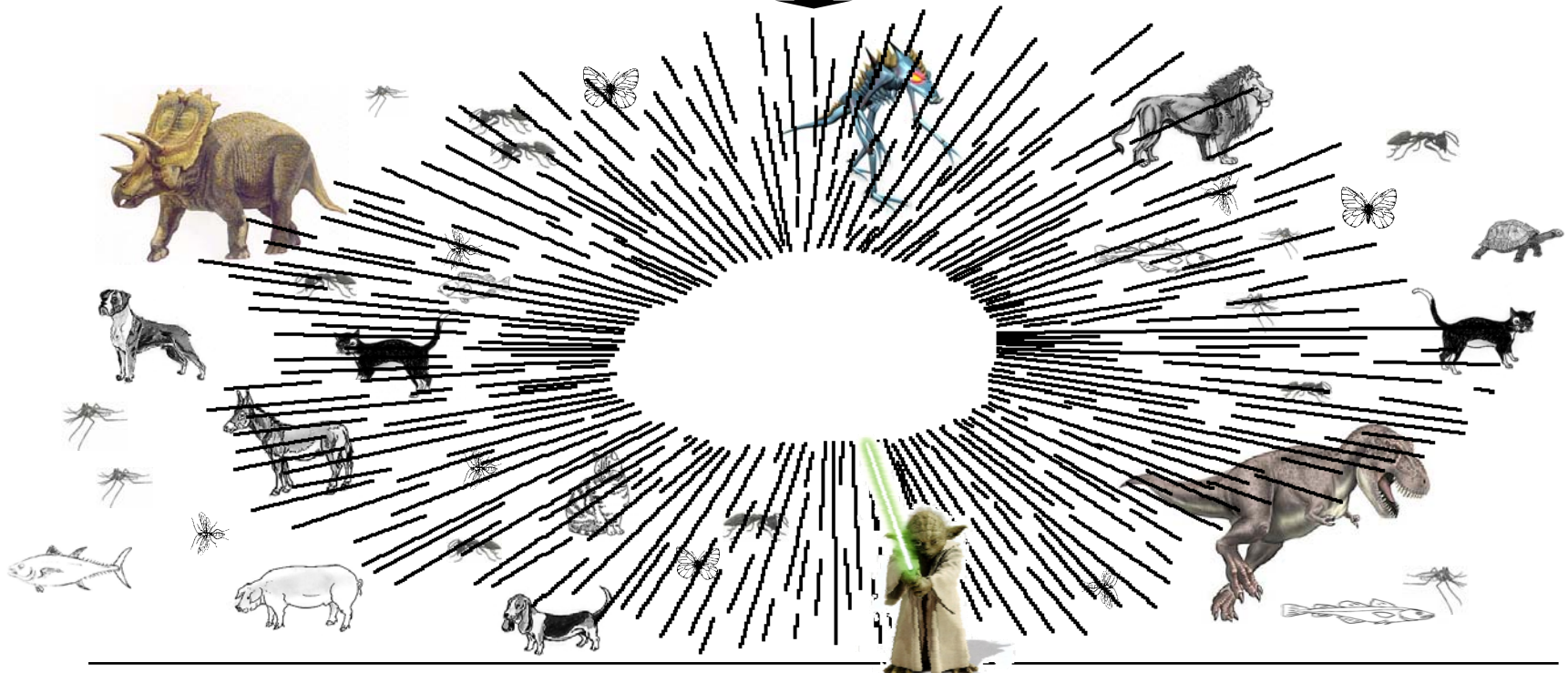




Conceptuele illustratie



$$E=mc^2$$



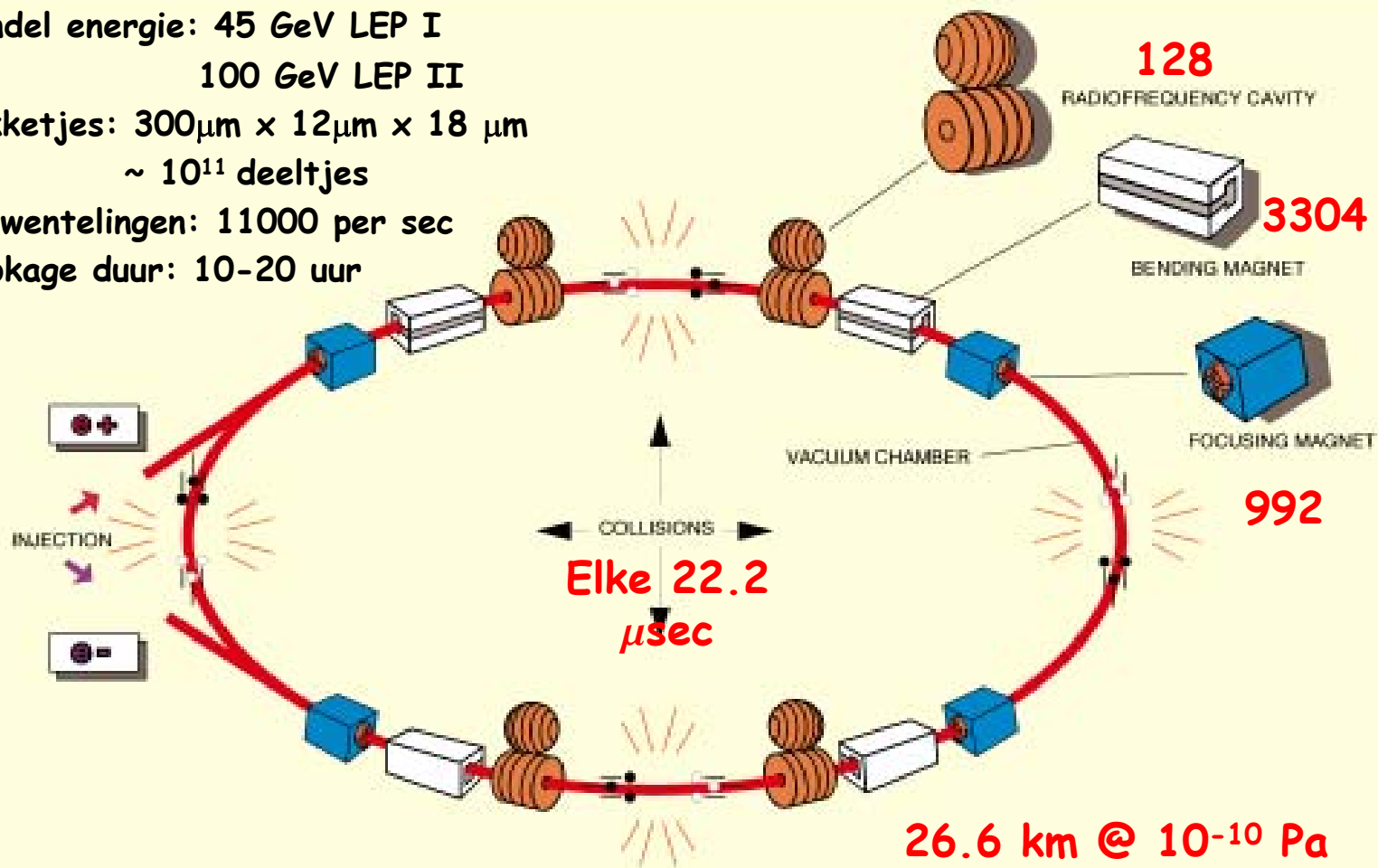


De LEP $e^- e^+$ opslagring ('89-'01)



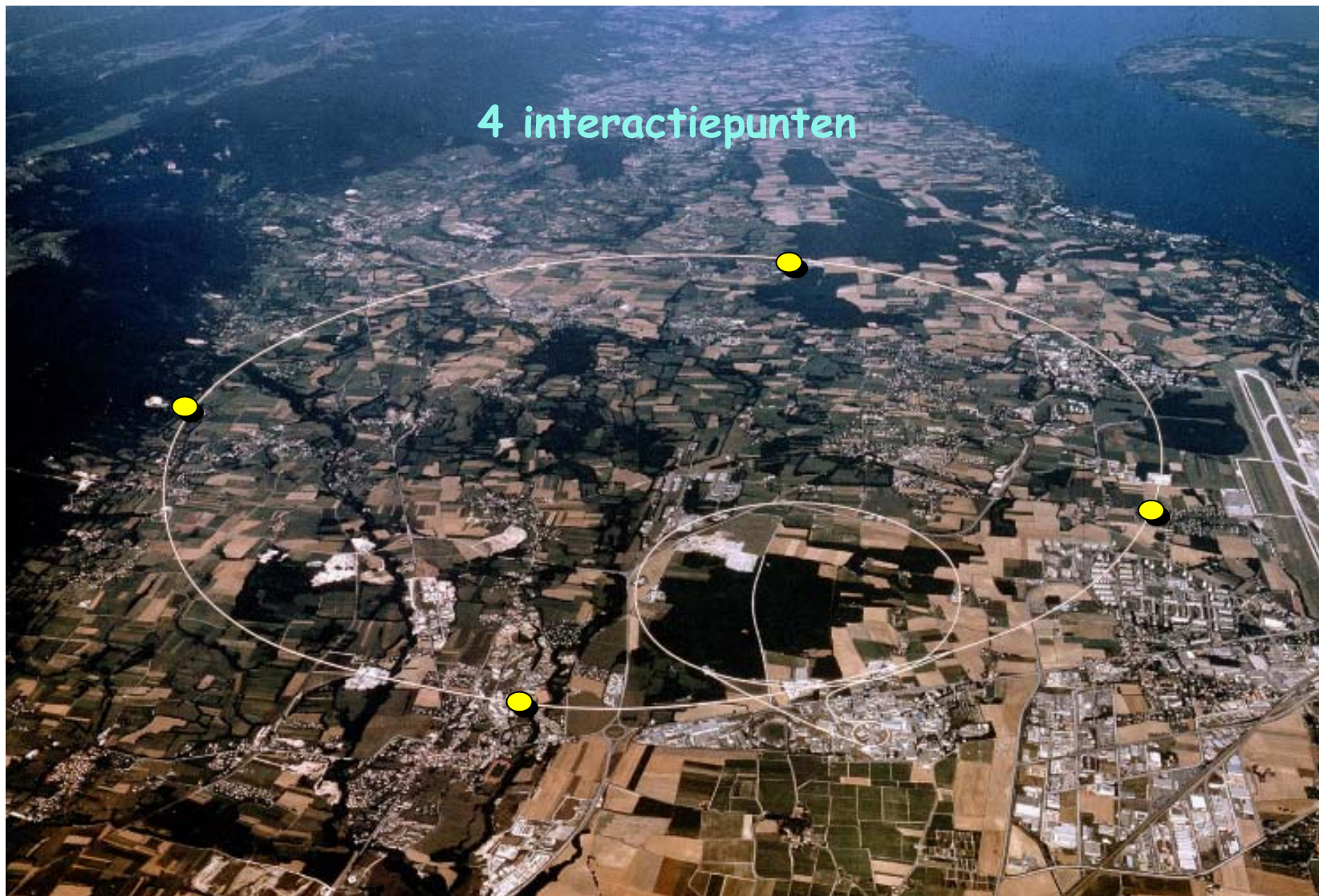
THE PRINCIPAL MACHINE COMPONENTS OF THE LEP ACCELERATOR.

Bundel energie: 45 GeV LEP I
100 GeV LEP II
Pakketjes: $300\mu\text{m} \times 12\mu\text{m} \times 18\mu\text{m}$
 $\sim 10^{11}$ deeltjes
Omwentelingen: 11000 per sec
Stokage duur: 10-20 uur



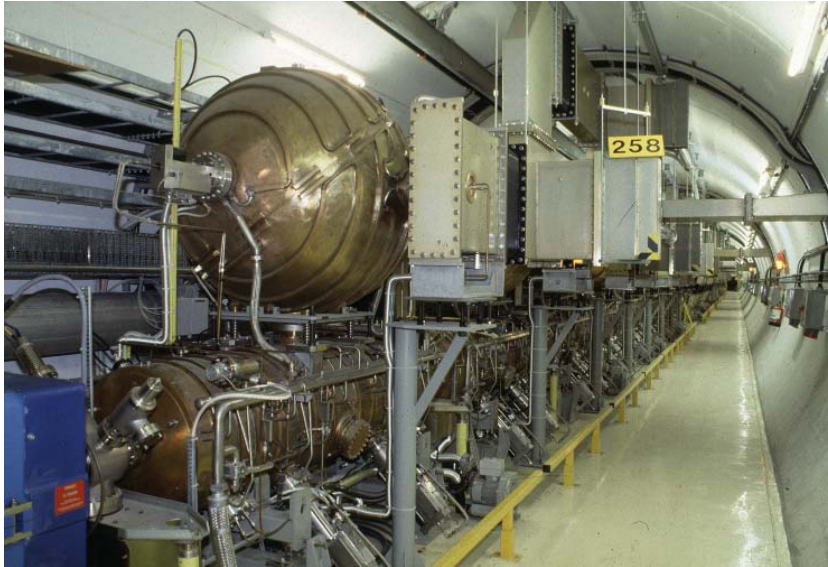


Een 27 km lange tunnel op ~ 100 m diepte





In de tunnel



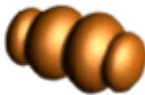


Het "standaard model" van deeltjes en krachten




Strong


Gluons (8)



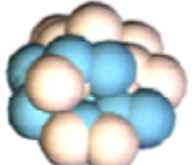
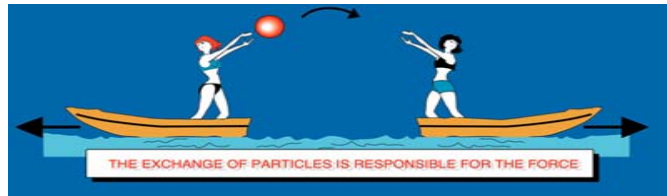
Quarks



Mesons
Baryons



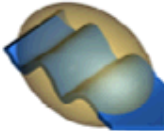
Nuclei

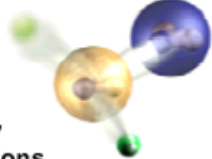
Matter fermions | Force carriers bosons |

Weak

Bosons (W,Z)



Neutron decay
Beta radioactivity
Neutrino interactions
Burning of the sun

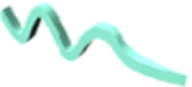


1

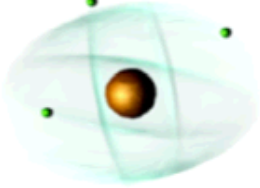
10^{-2}

Electromagnetic

Photon



Atoms
Light
Chemistry
Electronics




+ antiparticles

e.g: $p = uud$; $\Lambda^0 = uds$; $\Lambda_b^0 = udb$


$\pi^+ = u\bar{d}$; $\psi = c\bar{c}$; $Y = b\bar{b}$

10^{-13}


10^{-38}

Gravitational

Graviton ?



Solar system
Galaxies
Black holes



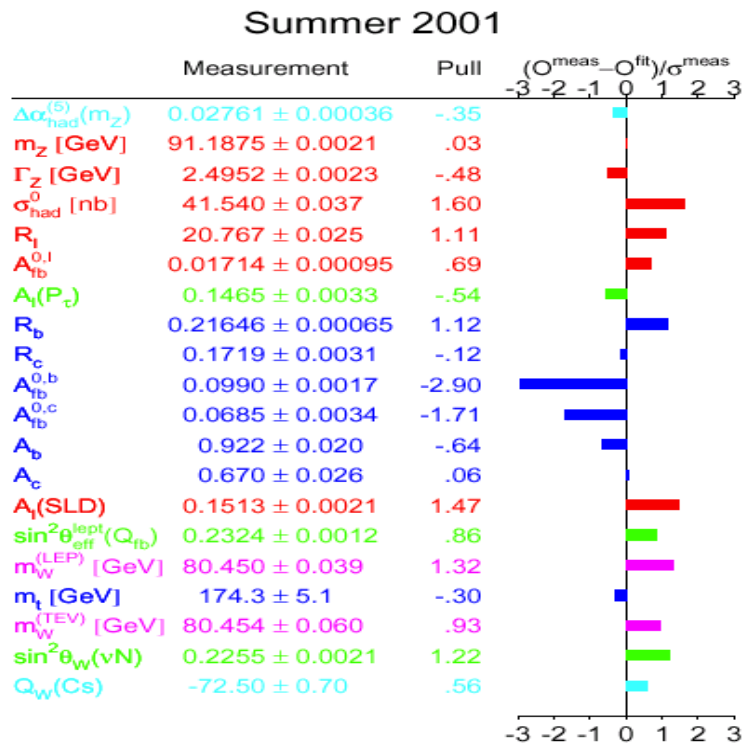
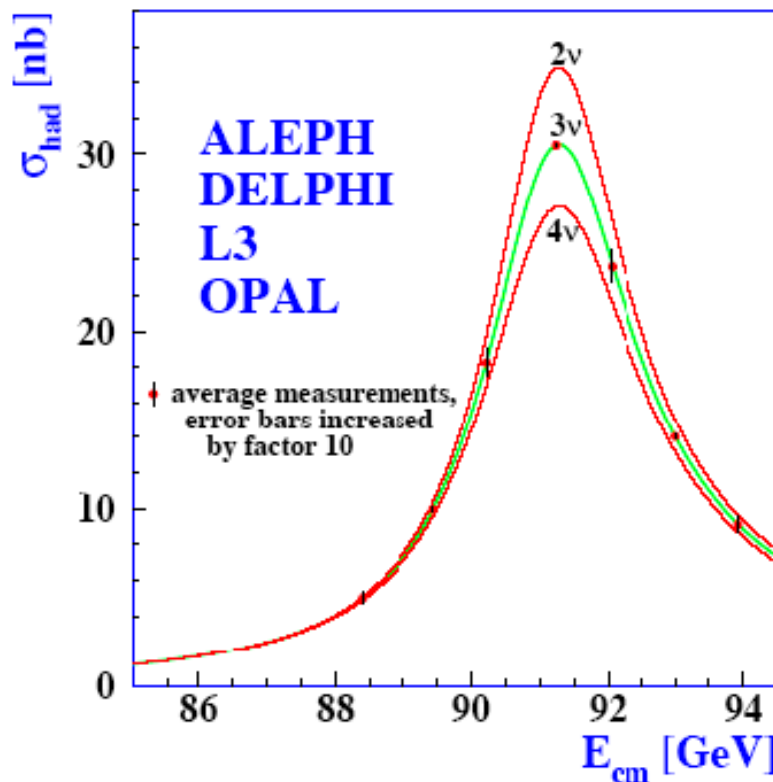


LEP \Rightarrow SM de best geteste theorie uit de moderne fysica



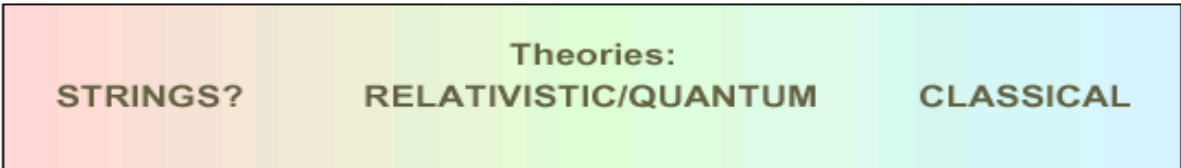
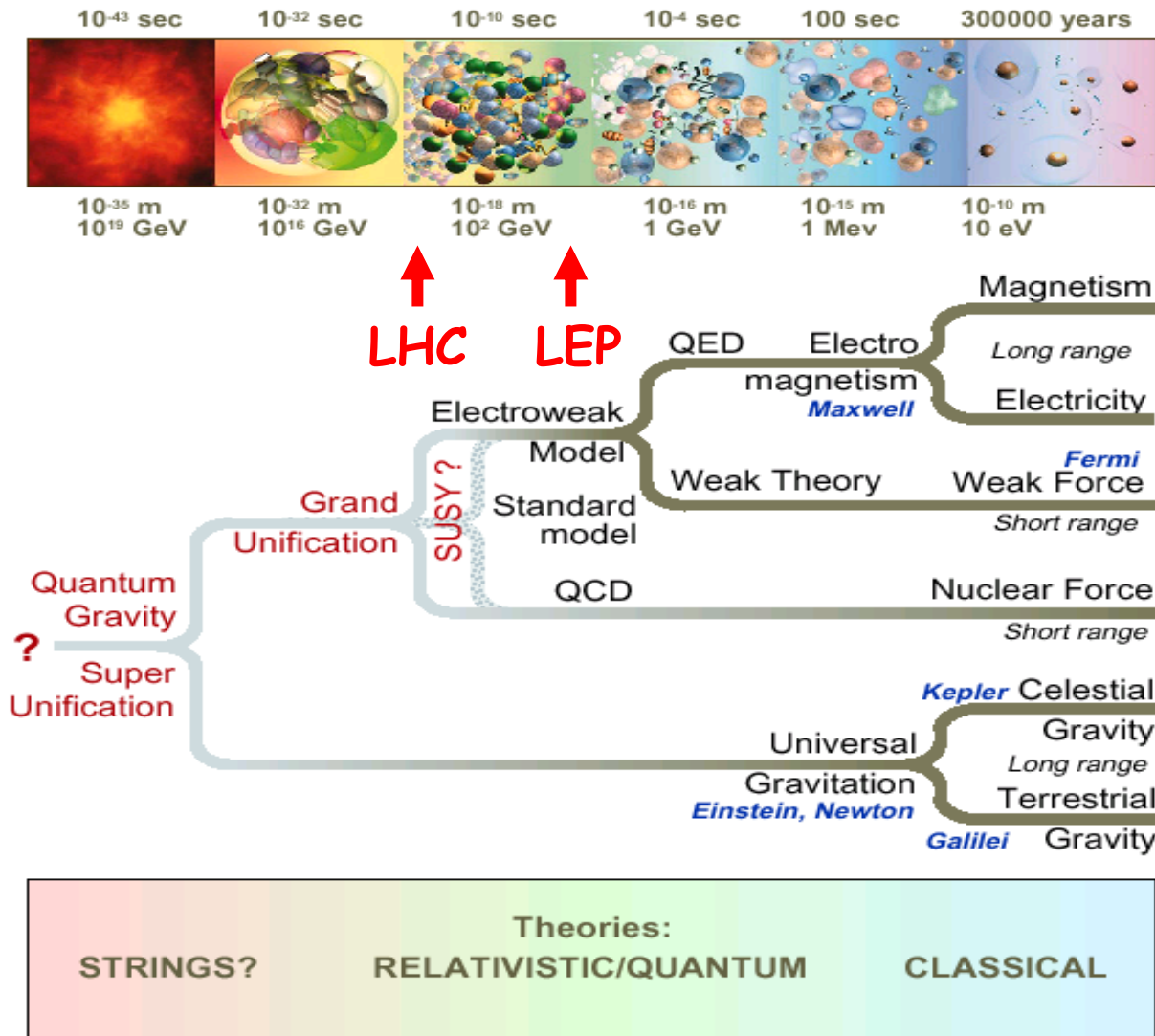
Slechts 3 soorten "lichte" neutrinos !

Precisie metingen zonder verrassing



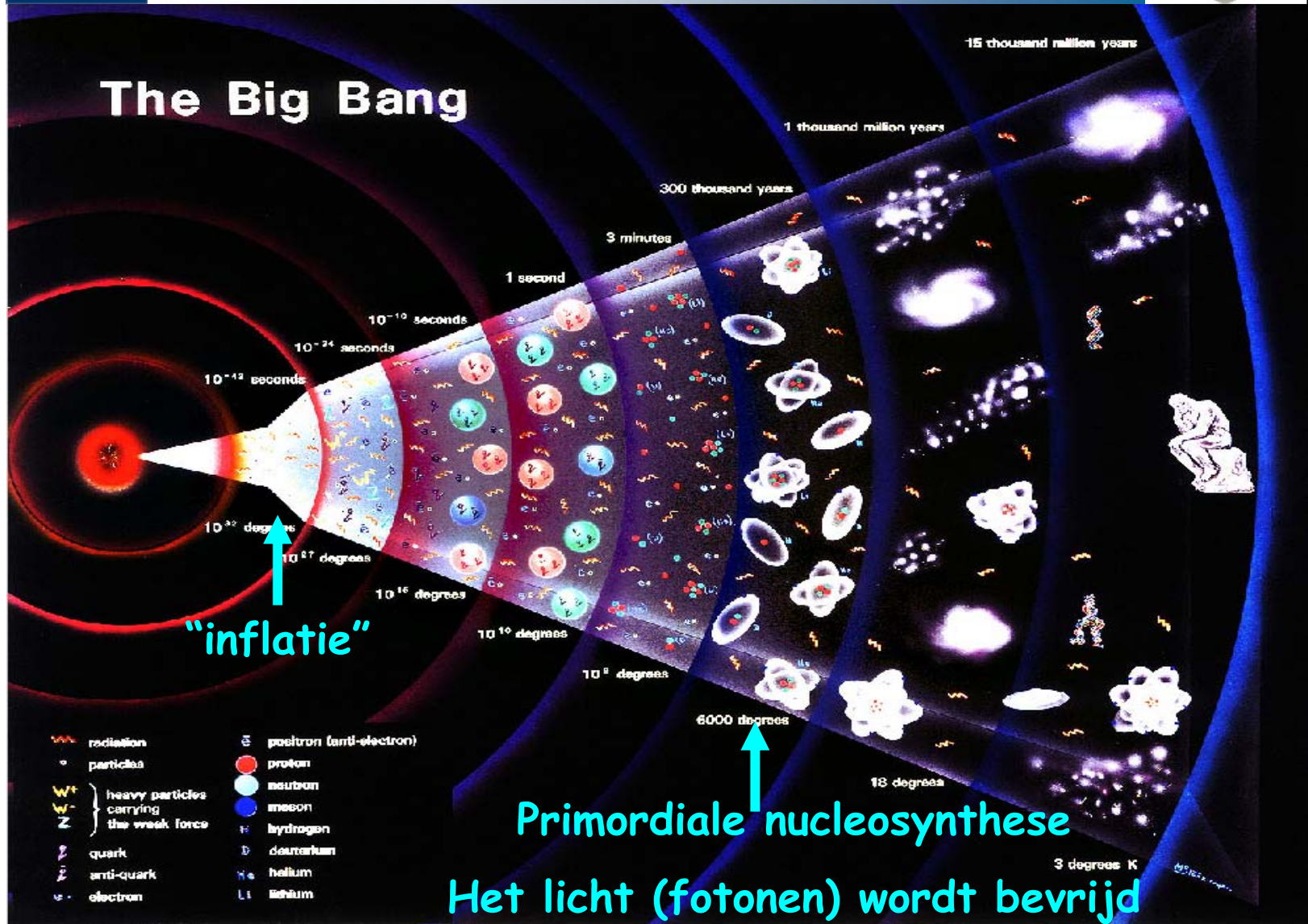


Eenmaking der fundamentele krachten





De prille jeugd van het universum





Uitbreiding van het SM



- SM heeft een belangrijk ontbrekend element
i.e. mechanisme om de massa van de gekende deeltjes op te wekken
(Higgs, Brout, Englert boson ?)
- SM geeft "nonsense" bij zeer hoge energien
 $W_L W_L$ verstrooiingswaarschijnlijkheid wordt groter dan 1 at bij energien
 $\sim 1 \text{ TeV}$
- SM bevat veel arbitraire parameters
e.g. waarom zijn er 6 quarks?
- SM is logisch onvolledig
Gravitatie is niet ingebouwd

Daarom:

Een Higgs boson ontdekken
sleutels vinden voor de uitbreiding van het SM



Fundamentele open vragen

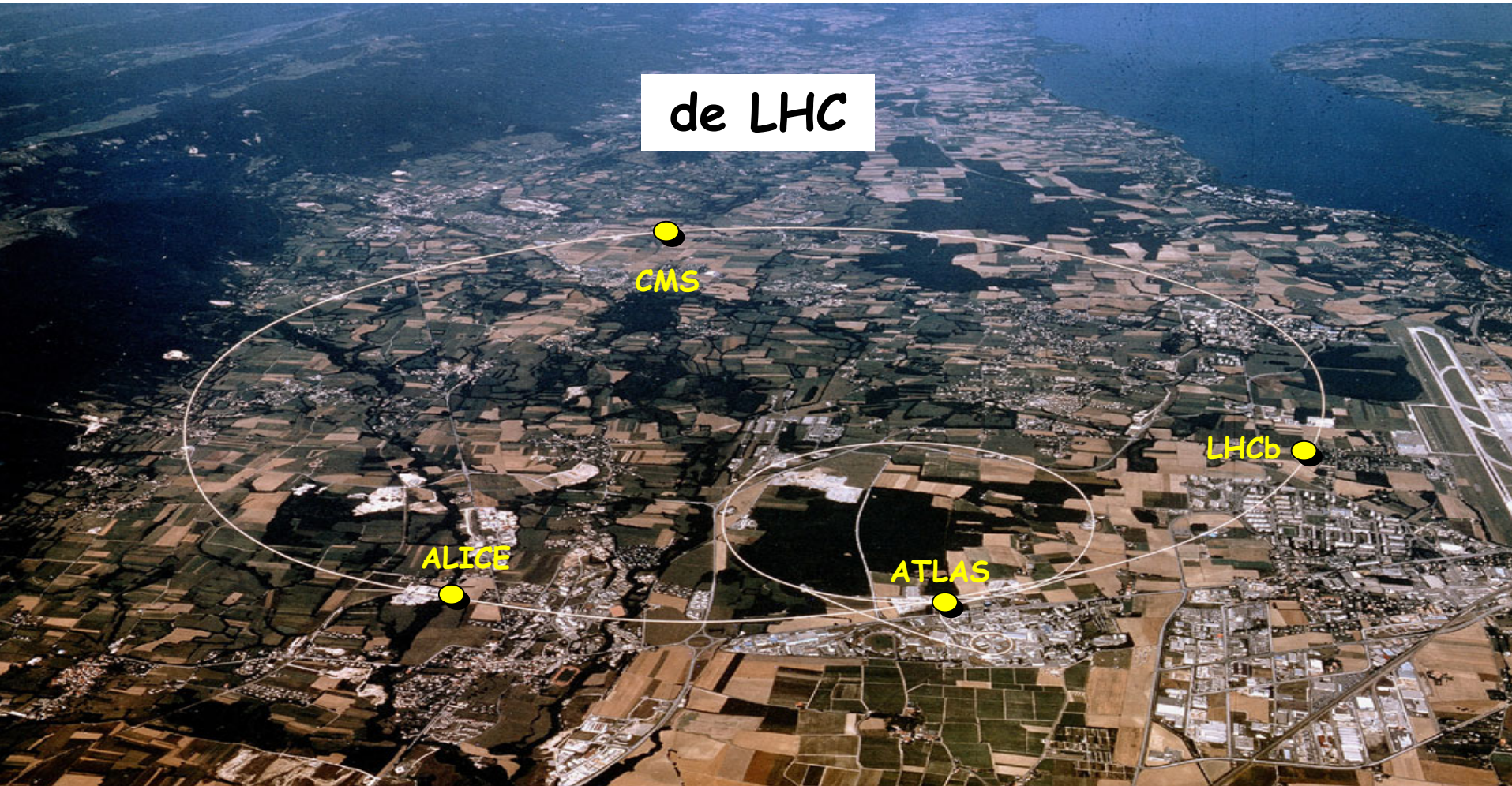


- ❑ **Wat is de oorsprong van MASSA ?**
Het Higgs-Englert-Brout boson ?
- ❑ **Bestaat er een nieuwe symmetrie; SUSY ?**
Donkere materie ?
- ❑ **Bestaan er extra dimensies ?**
- ❑ **Vanwaar de materie-antimaterie asymmetrie ?**
Violatie van CP symmetrie ?
- ❑ **Een nieuwe vorm van de materie ?**
Het quark-gluon plasma ?
- ❑ **Hebben de elementaire deeltjes van heden structuur ?**
- ❑ **???**

Het LHC programma zal al die vraagstukken aanpakken



Het grootste laboratorium voor deeltjes fysica ter wereld



Onderzoek en ontdekkingen - Opvoeding en vorming - Technologie en innovatie



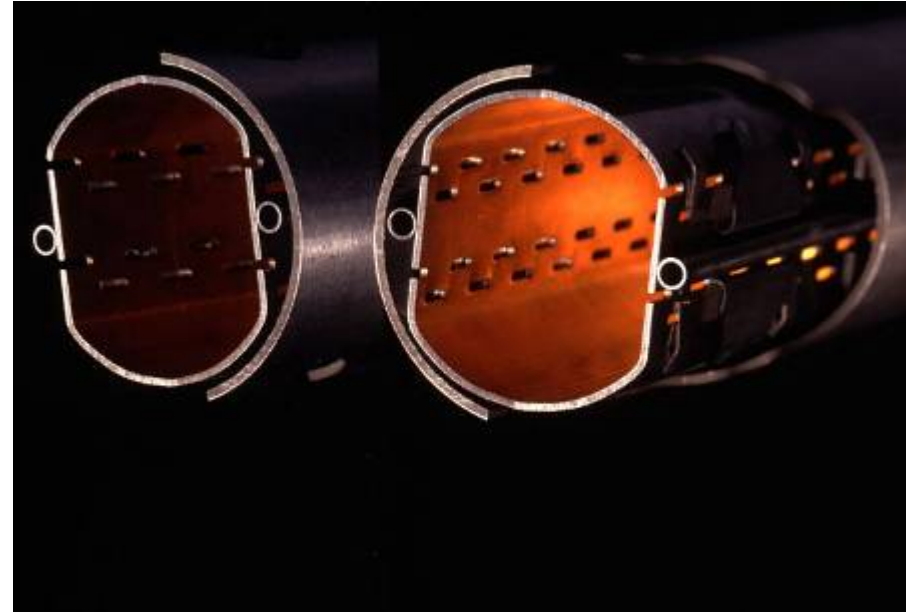
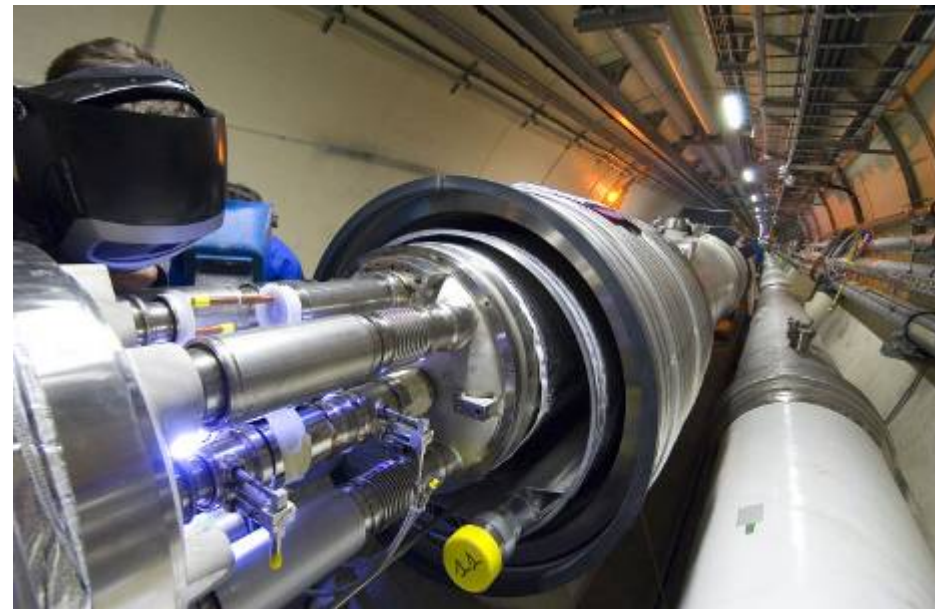
Eén der snelste circuits op aarde



Duizenden miljarden protonen tegen 99,9999991% van de lichtsnelheid leggen meer dan 11000 rondjes van 27 km af per seconde.



Het beste vacuum in ons zonnestelsel



Om de protonen te versnellen tot bijna de lichtsnelheid is een vacuum vereist dat beter is dan in de interstellaire ruimte; ongeveer 10 keer beter dan op de maan.



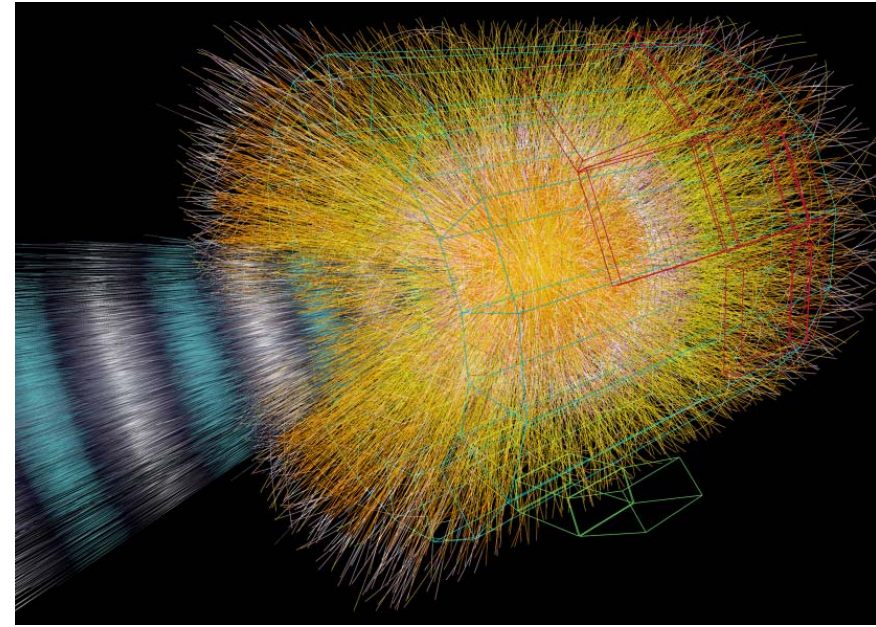
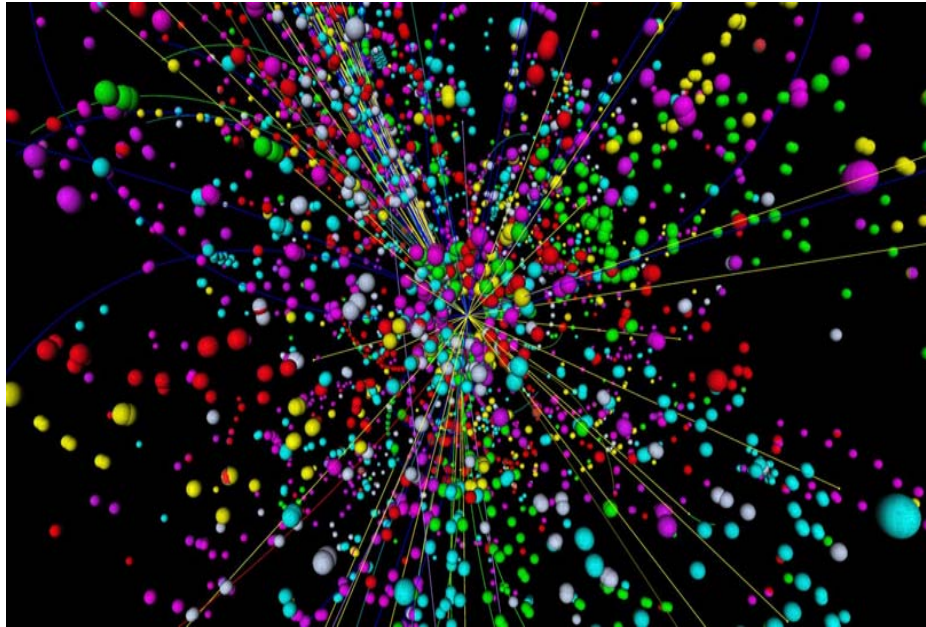
De koudste plaats in het universum



Met een exploitatietemperatuur van -271 graden Celsius, $1,9$ graden boven het absolute nulpunt, is dit de koudste plaats in het heelal. Afkoeling van 32000 Ton materiaal gebeurt met supervloeibaar Helium.



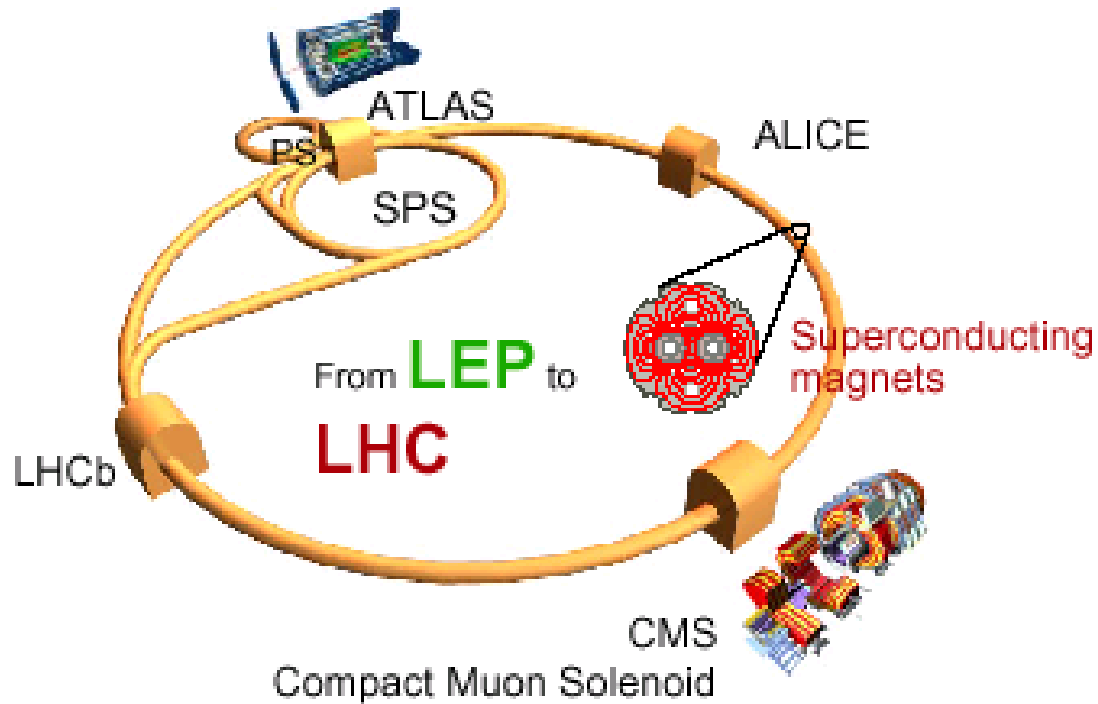
De heetste plaats in onze galaxie



Wanneer de protonbundels frontaal in botsing treden, wekken zij in een zeer kleine ruimte en zeer kortstondig een temperatuur op die meer dan een miljard keer hoger is dan in het centrum van de zon.



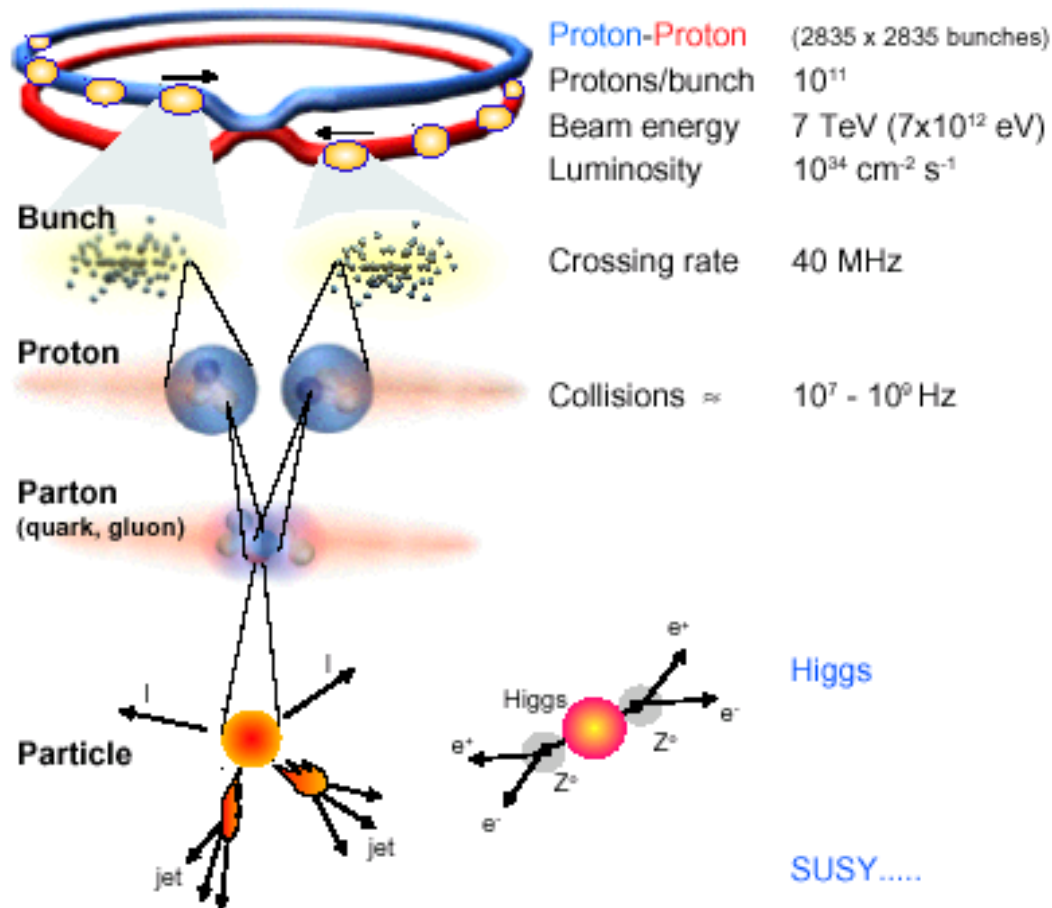
Van LEP tot de LHC



	Beams	Energy GeV	Luminosity
LEP	e ⁺ e ⁻	200	$10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
LHC	p p	14000	10^{34}
	Pb Pb	1,312,000	10^{27}



Karakteristieken van de LHC



Selection of 1 in 10,000,000,000,000

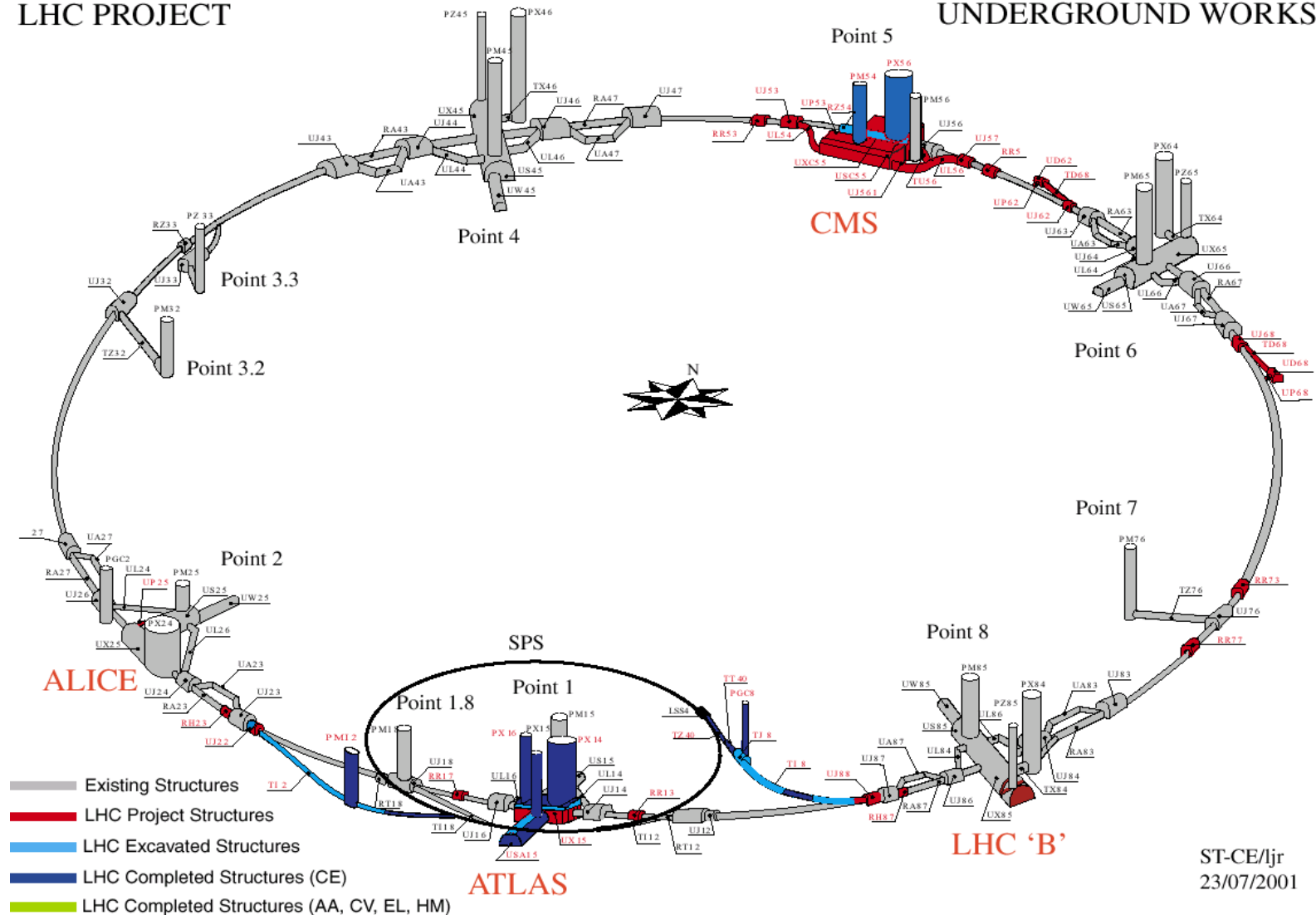


De ondergrondse "kathedralen"



LHC PROJECT

UNDERGROUND WORKS



ST-CE/ljr
23/07/2001

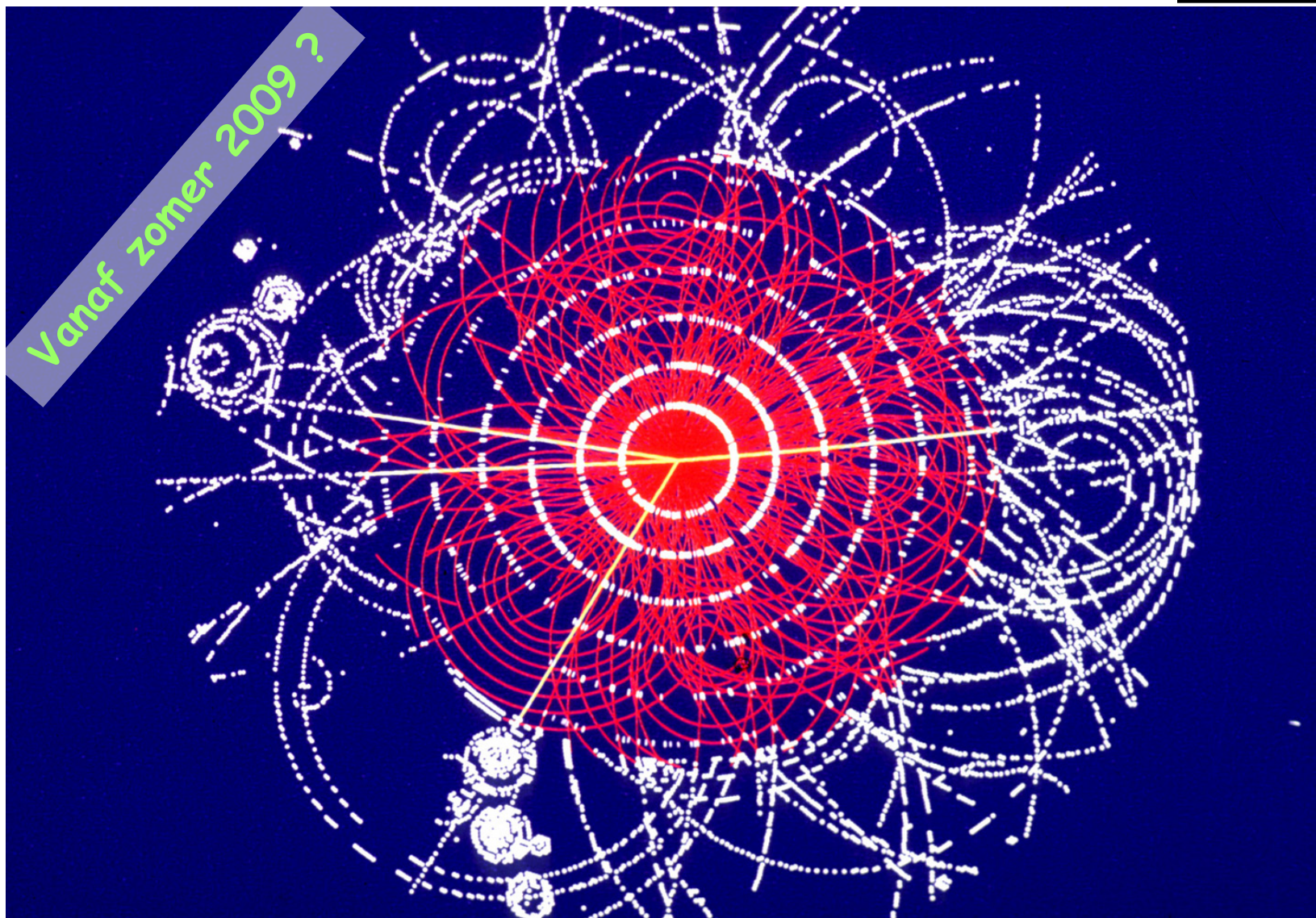


LHC supergeleidende dipool magneet





Eén bundelkruising @ LHC elke 25 ns



Vanaf zomer 2009 ?



Schematische "ui" structuur van een deeltjes detector

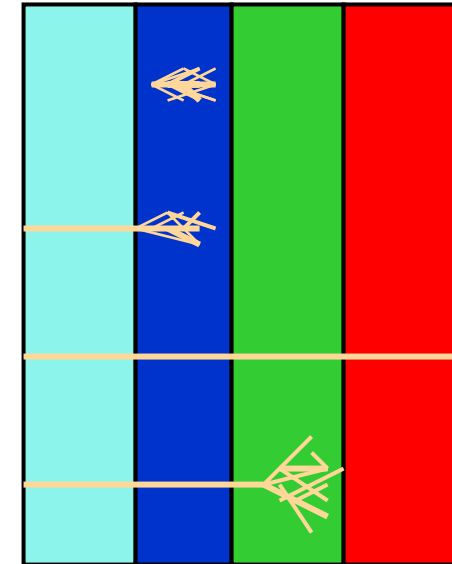
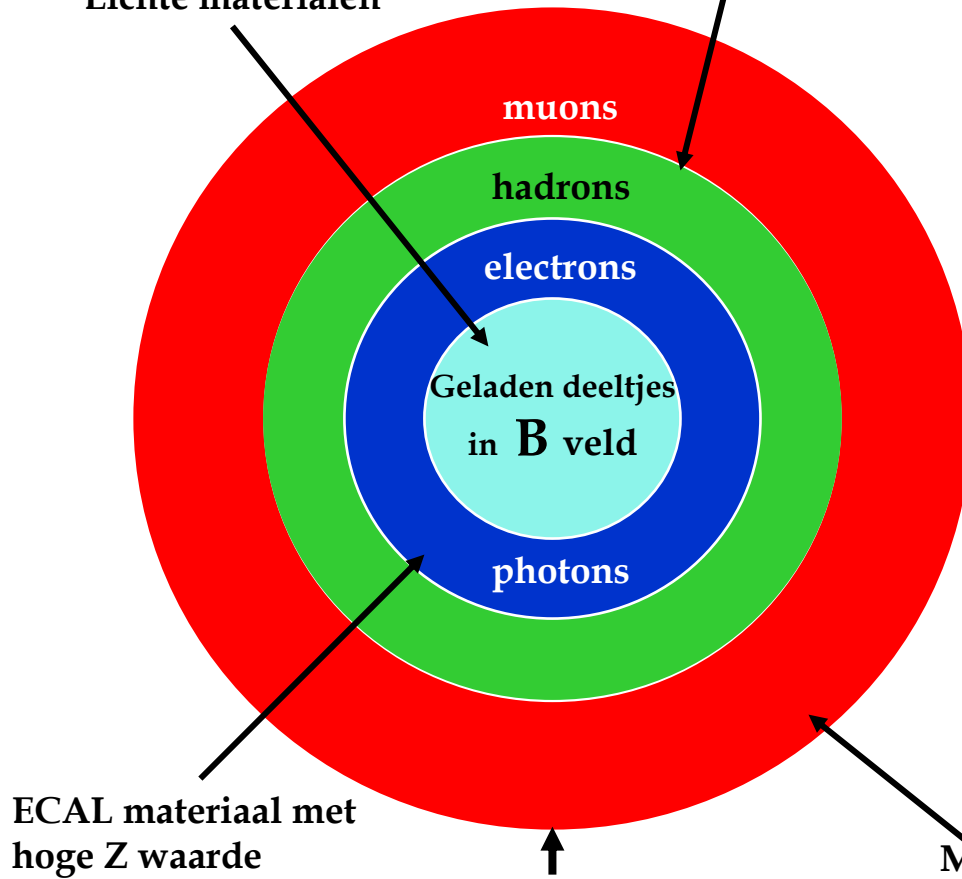


Spoorreconstructie in
magneetveld

Lichte materialen

HCAL absorber

Elke laag (her)meet de energie
van de deeltjes \Rightarrow identificatie



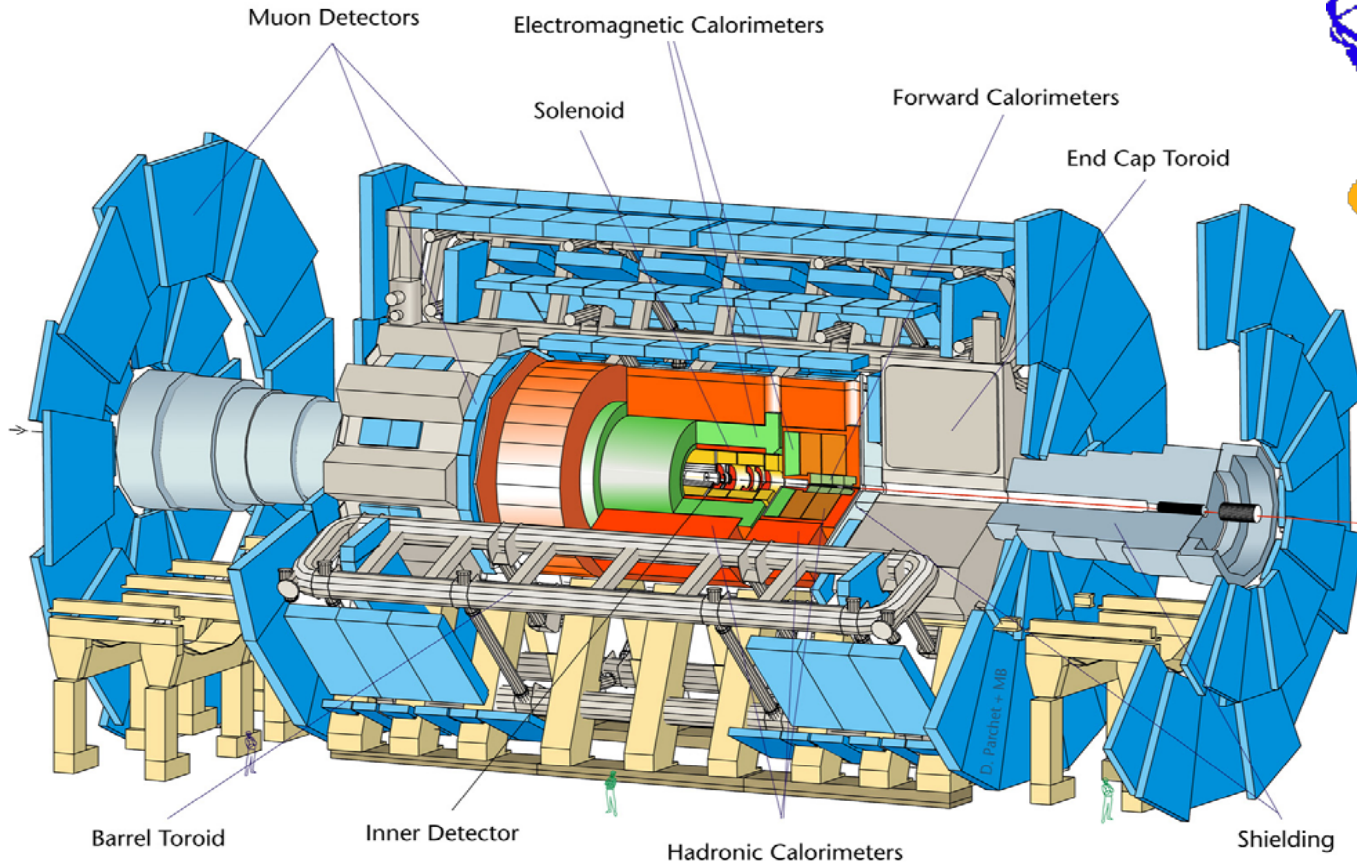
Zone waar alleen μ en ν overblijven



De ATLAS detector: Toroidaal veld



0712mb-26/06/97



Diameter : 25m Length : 46m Weight : 7000 Tons \Rightarrow 0.3 g/cm³

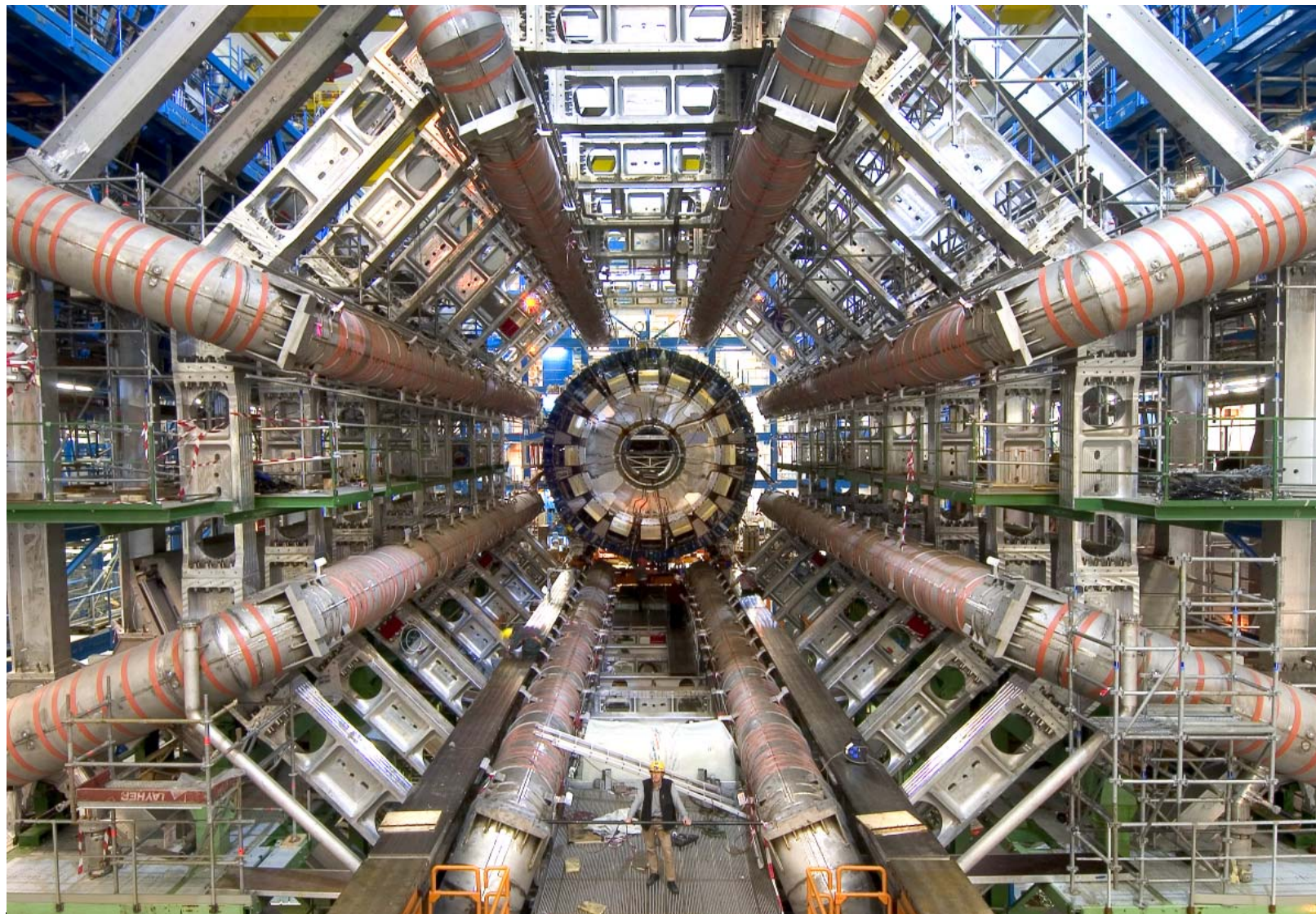


Reusachtig: diameter 26 m





ATLAS: installatie magneetspoelen





en CMS (compact): diameter 15 m



Wereldwijde samenwerking

159 instituten ; ~ 2300 wetenschappers

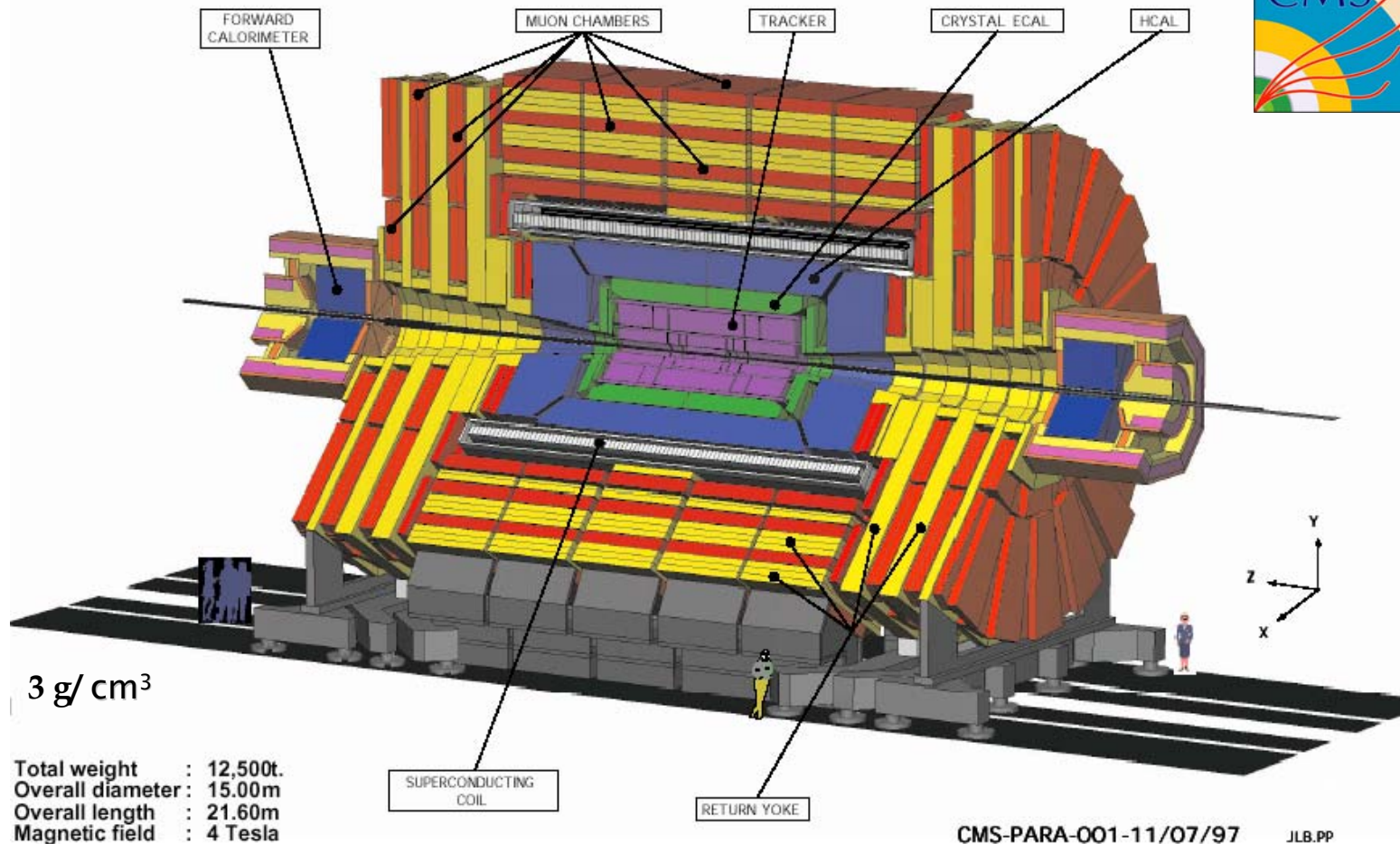
6 Belgische universiteiten:
UA, VUB, RUG, ULB, UCL, UMH



De CMS detector: supergeleidende solenoïde



CMS A Compact Solenoidal Detector for LHC

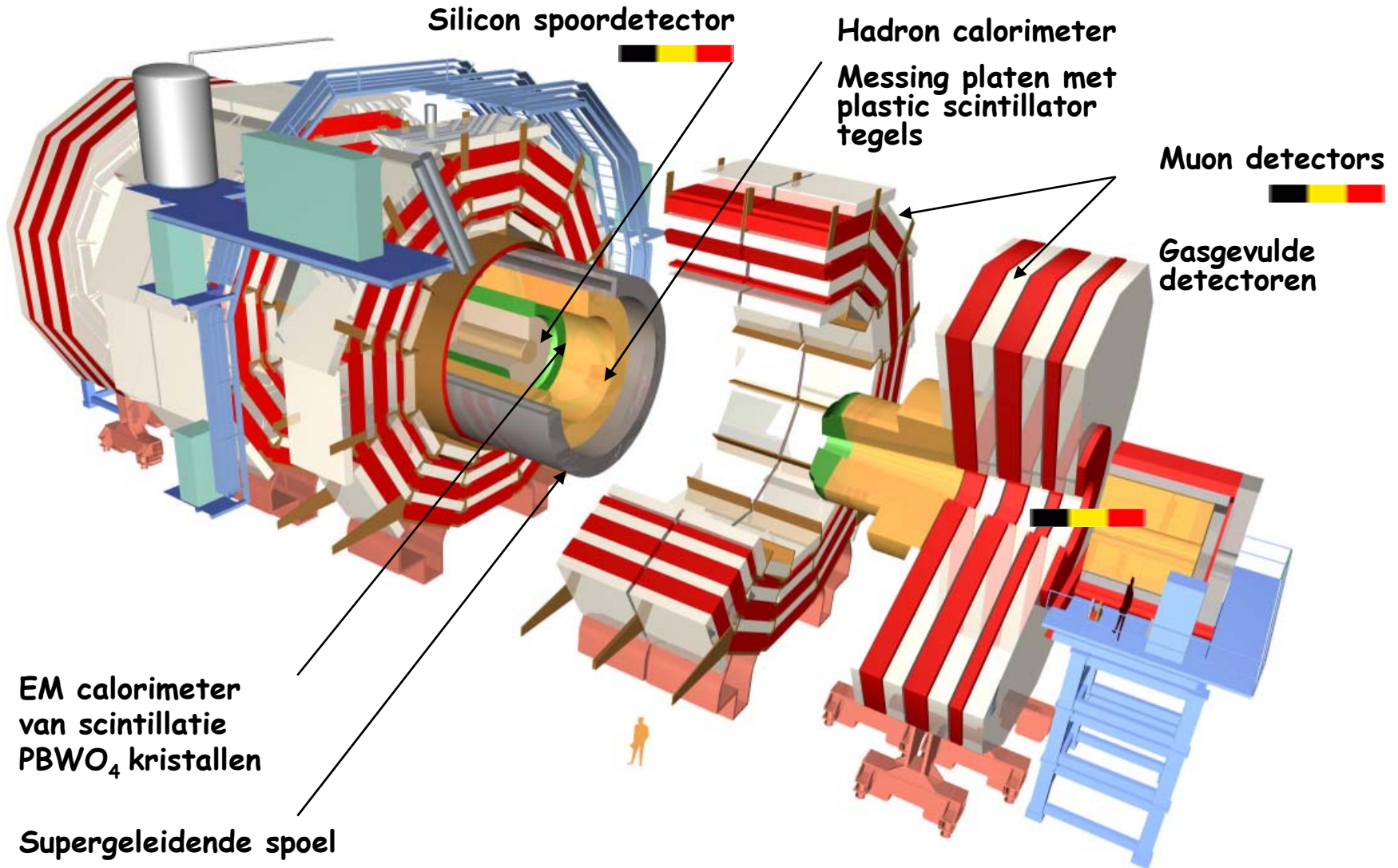


CMS-PARA-001-11/07/97

JLB.PP

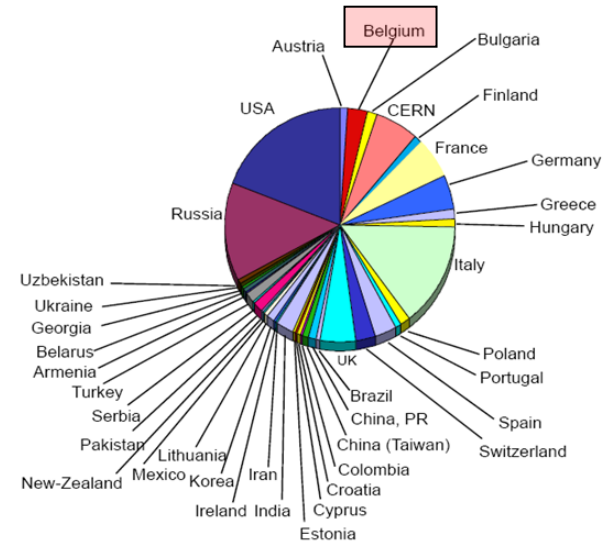
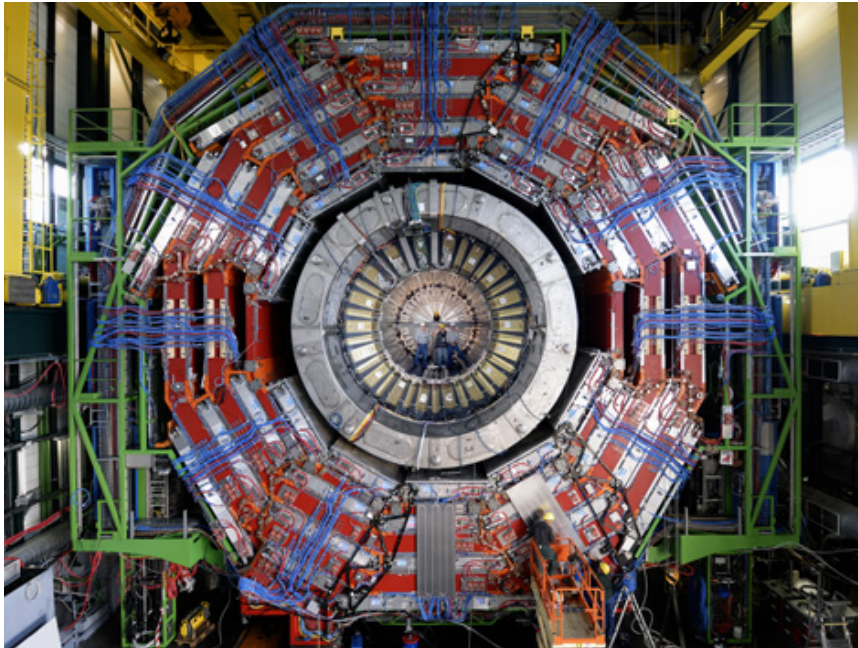


CMS modulariteit





Belgische bijdragen tot de CMS detector

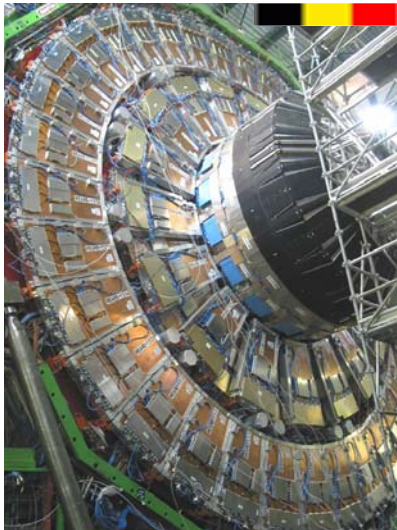
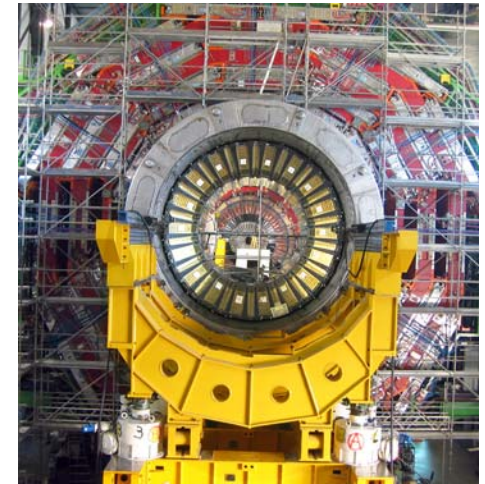
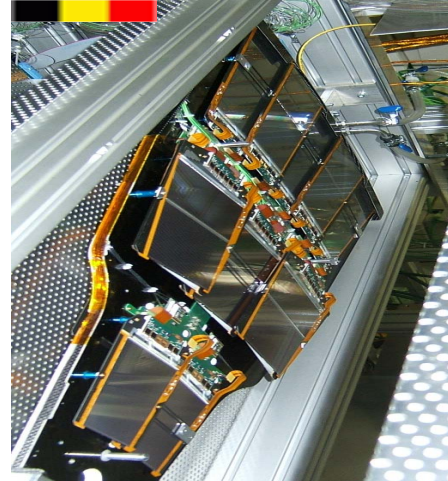


Contributions Belges a CMS



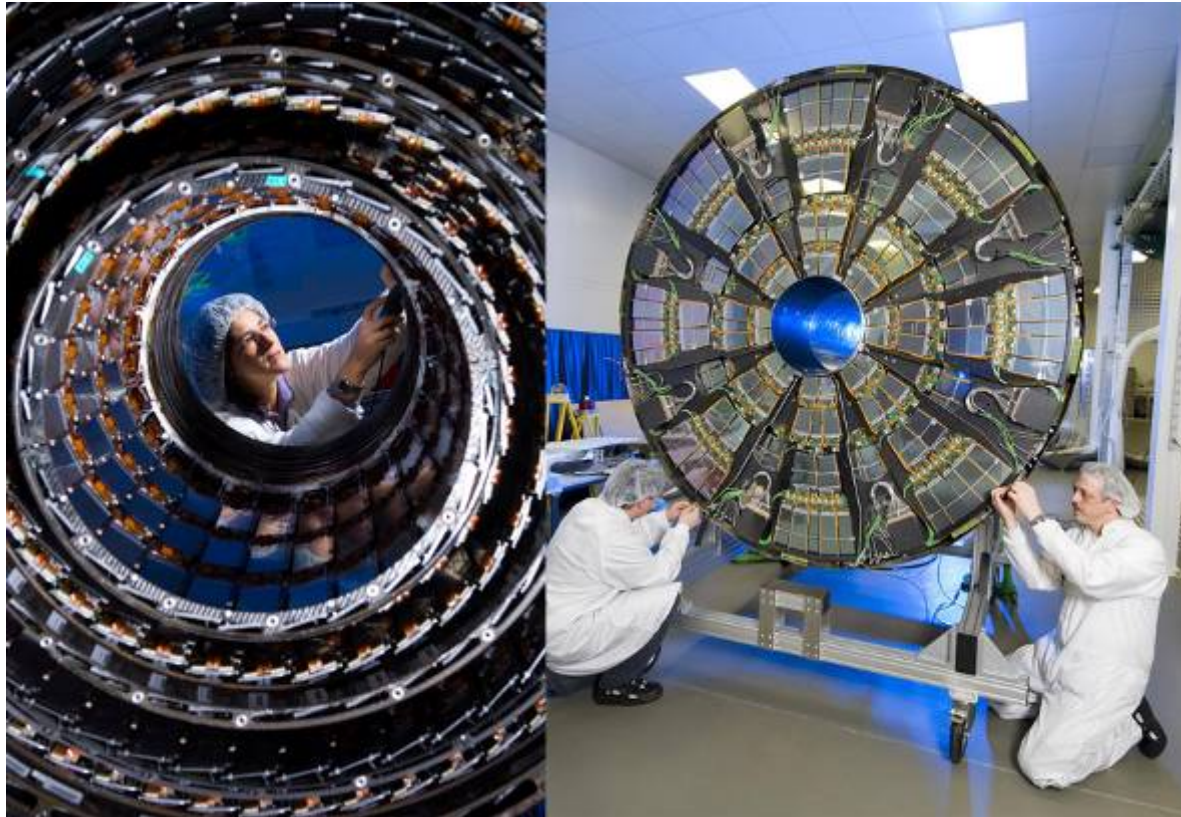


CMS in opbouw





De silicium spoordetector



Silicium sensoren met fijne onderverdeling (baantjes en pixels) laten toe de deeltjessporen te meten in het magneetveld en aldus hun impuls te bepalen.

Een digitale camera met meer dan 70 miljoen pixels die 40 miljoen fotos per seconde trekt !

Doel: Meten van de trajecten van geladen deeltjes



De electromagnetische calorimeter ECAL



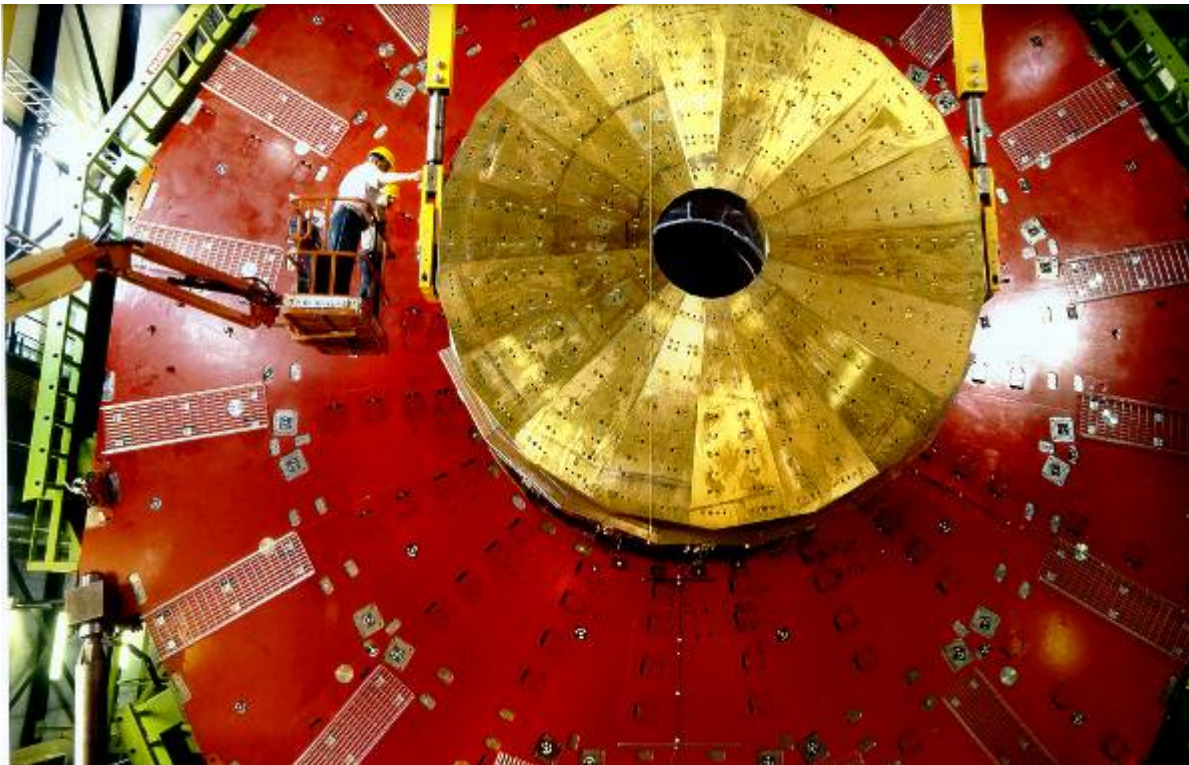
80000 kristallen van PbWO_4 (loodtungstaat) geven scintillatielicht waarvan de intensiteit evenredig met de energie van het invallend deeltje (e of γ)

~80% metaal - volledig doorschijnend !

Doel: meting der energie van electronen, positronen en gammas



De hadron calorimeter HCAL



Opgebouwd uit alternerende lagen van messing en plastieken scintillator tegels.

Bomhozen van de Russische marine werden hiervoor gerecycleerd !

Doel: meting van de energie van hadronen (bv. proton, neutron)

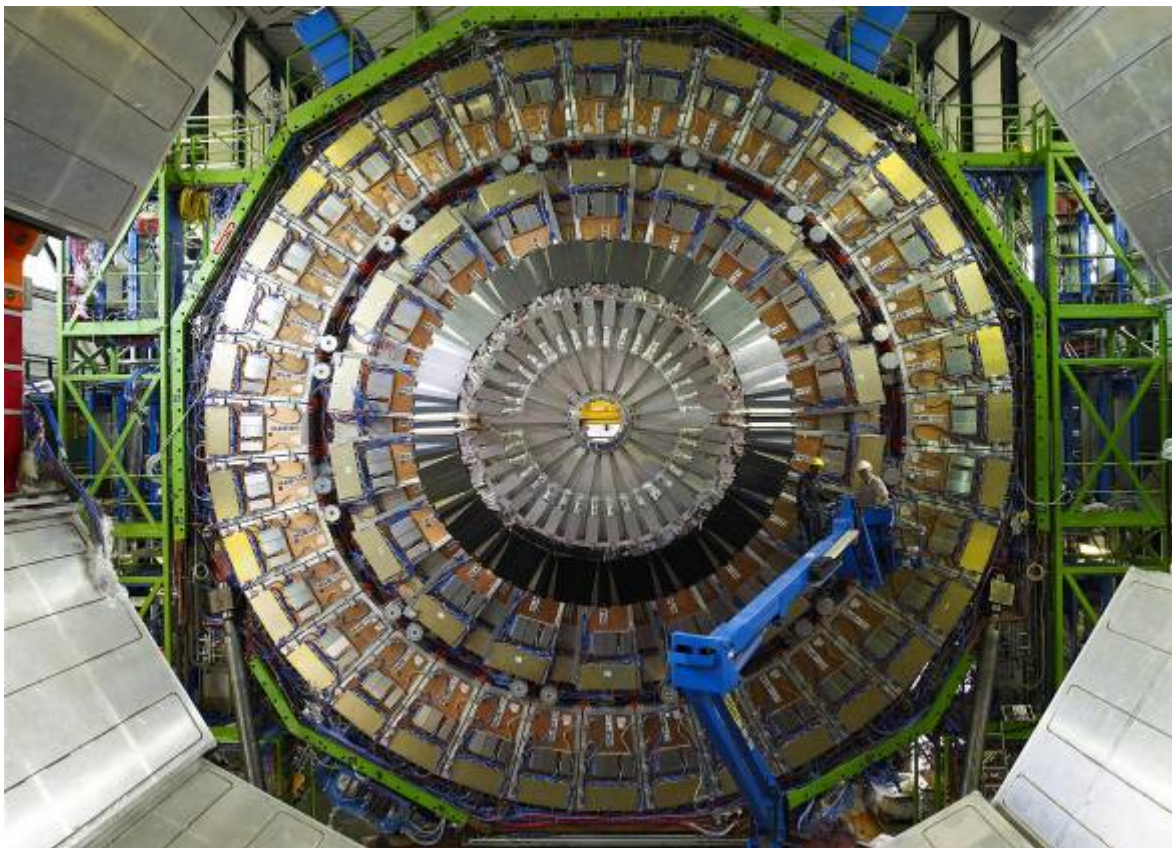


Recyclage !





Muon detectors



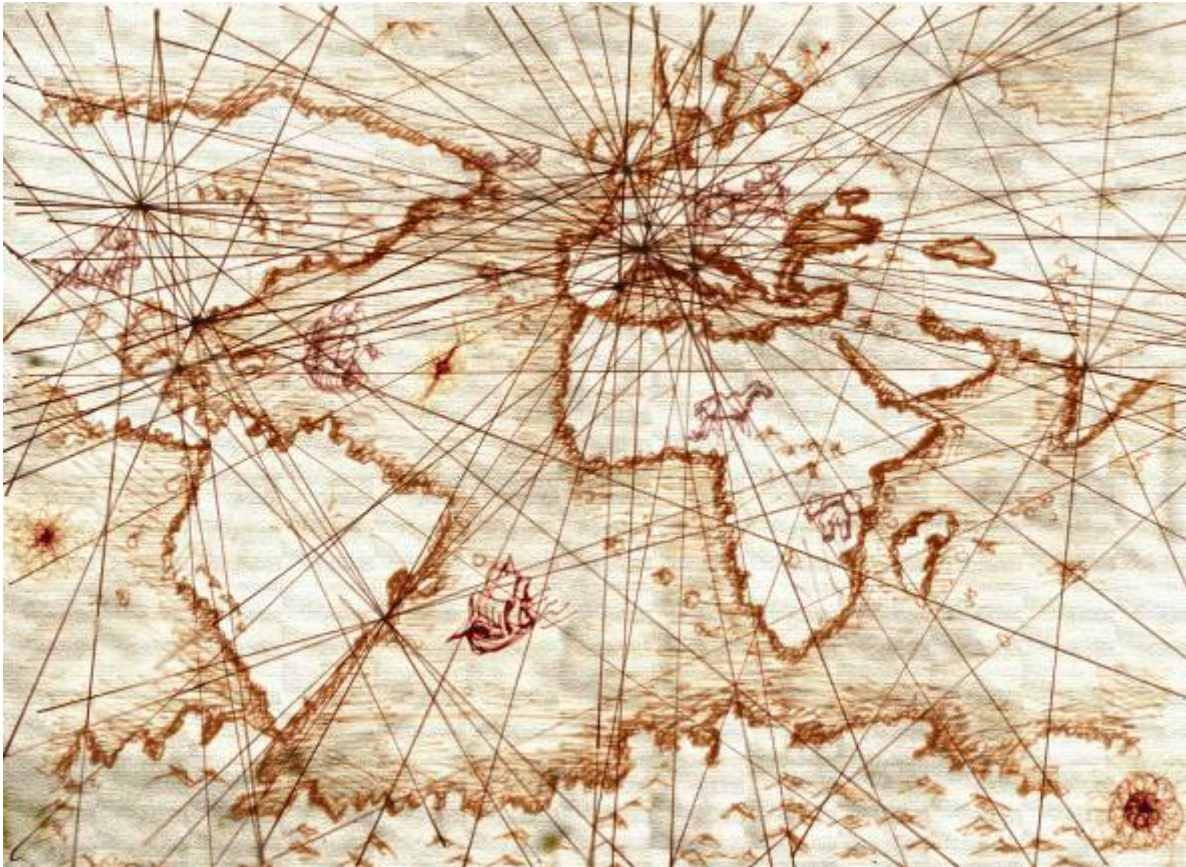
CMS gebruikt 3 soorten muon detectors: drift kamers (DT), cathode strip kamers (CSC) en resistieve platen kamers (RPC).

De totale oppervlakte beslaat ongeveer die van een voetbalveld... 6000 m² !

Doel: muonen identificeren en hun impuls meten



CMS: een planetaire onderneming

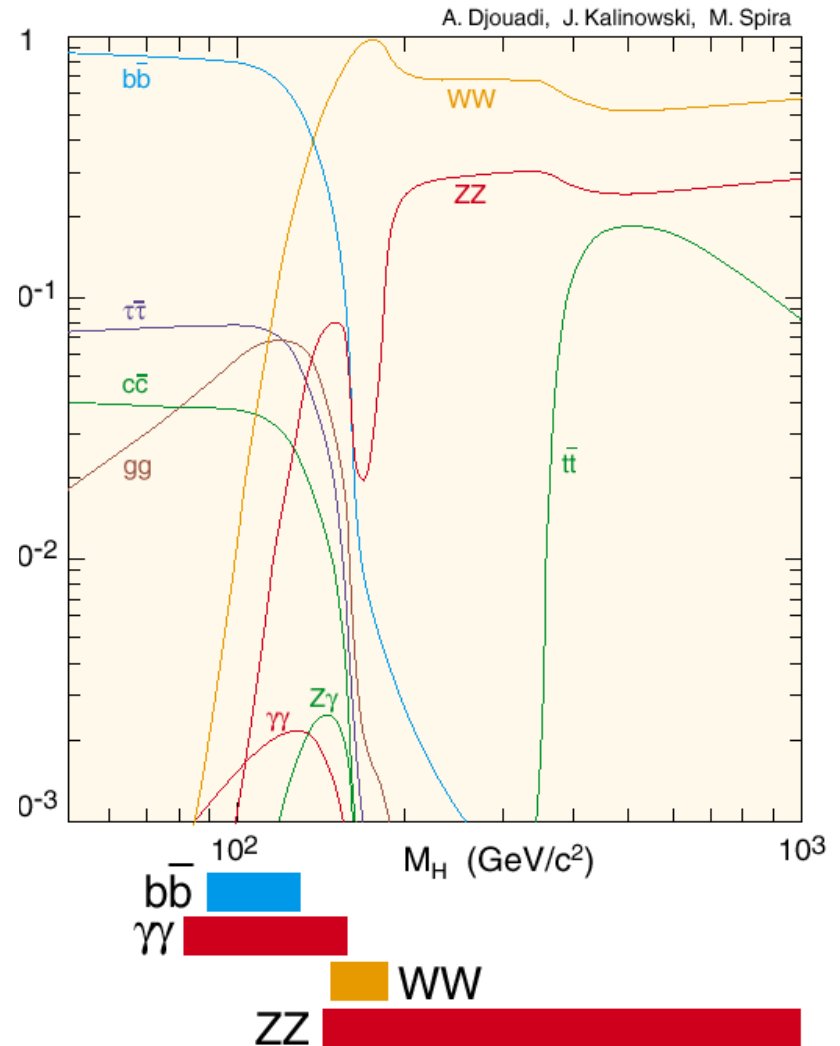
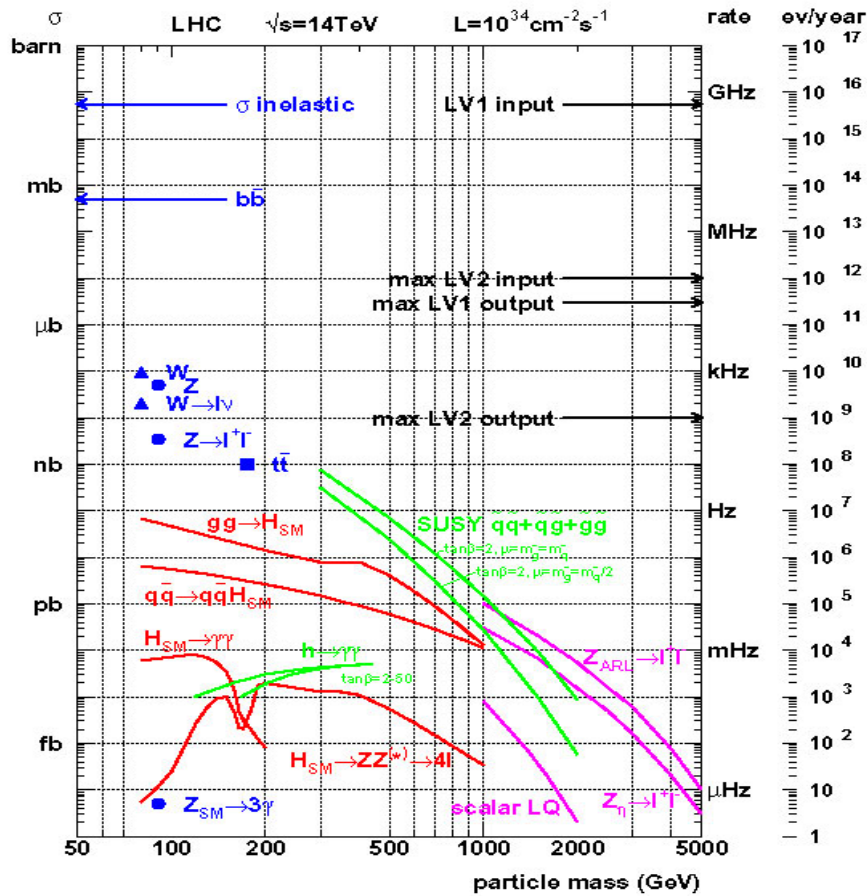


38 naties
155 instituten
meer dan 2000 fysici
en ingenieurs
ongeveer 450 doctorandi

Doel: ontwerp, opbouw, testen, en operationeel houden



SM Higgs productie en verval





Samenvatting en besluit



- ❑ Sterrenkunde: de prille jeugd v/h universum is "onzichtbaar"
- ❑ Hoge energie fysica: onderzoek in de eerste seconde
- ❑ Het Standaard Model staat sterk op zijn poten...**maar**
- ❑ Vele fundamentele vragen blijven onbeantwoord
- ❑ Neutrinos bezitten massa...maar verre van genoeg...

In het CERN staat een planetair onderzoeksprogramma op stapel dat dit jaar van start zal gaan om inzicht te verkrijgen in vele van die fundamentele vragen

De LHC p-p opslagring

CERN...

Where the WWW was born

- ❑ Zoekt naar antwoorden op fundamentele vragen ivm. het heelal
- ❑ Innoveert en stimuleert de technologische vooruitgang
- ❑ Draagt bij tot de opleiding van de wetenschappers van morgen
- ❑ Brengt naties samen rond wetenschap